

JASE トラバースで得られた夏季南極大陸上のエアロゾル組成と分布

原圭一郎¹、中澤文男²、藤田秀二²、山内 恭²、JASE members

1: 福岡大・理, 2: 極地研

Aerosol constituents in the Antarctic continent during the JASE traverse

K. Hara¹, F. Nakazawa², S. Fujita², T. Yamanouchi², and JASE members

1: Fukuoka Univ., 2: NIPR

Abstract

Aerosol measurement and sampling were carried out in interior of the Antarctic continent during the JASE traverse in JARE49. Individual aerosol particles were observed and analyzed using SEM-EDX. Major aerosol constituents in coarse mode were sea-salt particles, modified sea-salt particles and sulfate particles. Most of minerals in coarse mode were internally mixed with sea-salts or sulfates. Major aerosol constituents in fine mode were sulfates and modified sea-salt particles. Minor aerosol constituents in coarse and fine modes were MgSO_4 particles, sulfates containing K. Sea-salt particles were modified dominantly by acidic sulfur species (e.g., SO_4^{2-}) in coastal side and by NO_3^- in plateau side.

【はじめに】 南極大気中の物質循環過程を理解するために、これまでに多くのエアロゾル観測が行われてきた。しかしながら、その多くは沿岸域に位置する観測基地で実施されていた。最近では、内陸の観測拠点でエアロゾル観測も行われ始め、内陸域でのエアロゾル分布・変化についての基礎的な知見が徐々に蓄積されてはいるものの、広大な南極大陸上の物質循環過程については、まだほとんど理解が進んでいないのが現状である。夏季の南極大陸縁辺部～内陸部にかけてのエアロゾル分布を理解するため、第49次南極地域観測隊(JARE49)で行われた日本-スウェーデン共同トラバース(JASE)旅行中にエアロゾル観測を行った。ここでは、エアロゾルの化学組成とその空間分布を中心に報告を行う。

【観測と分析】 雪上車による JASE トラバース旅行中のエアロゾル観測は、南極昭和基地近くの大地上 S16 を起点に内陸のドーム F 基地までのルート上と、ドーム F 基地から Kohnen 基地方面に降りて行った会合点(スウェーデン隊と合流した地点)までのルート上で行った。トラバースの期間は、2007 年 11 月 14 日-2008 年 1 月 24 日である。エアロゾル観測・サンプリングは、日々のキャンプ地のみで行った。局所汚染を避けるため、キャンプ地では雪上車列の風上側に可搬型の Optical Particle Counter (OPC: KR12A, RION) と 2 段式のインパクターを設置し、大気中のエアロゾルを観測・サンプリングした。使用したインパクターのカットオフ直径は 2, 0.2 μm であり、エアロゾル粒子はカーボン蒸着を施したコロジオン薄膜上に捕集した。得られた試料は、サンプリング後、乾燥材を入れたタイトボックス内に入れて、分析まで乾燥状態で保管した。個別粒子分析には、走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分析装置 (SEM-EDX: Quanta FEG-200F, FEI; XL30, EDAX)を使用した。観察・分析条件は、加速電圧 20kV、EDX データ積算時間は 30 秒とした。分析した粒子数は、47734 個 ($D_p > 2\mu\text{m}$ では 2690 個、 $D_p: 0.2\text{--}2.0\mu\text{m}$ では、45044 個) である。

【結果と考察】 Fig.1 に示す様に、EDX による個別粒子分析から、(1)硫酸粒子(Fig.1a)、(2)Cl を含有している海塩粒子(Fig.1b)、(3) Mg が濃縮した海塩粒子(Fig.1c)、(4) SO_4^{2-} あるいは NO_3^- で変質し、Cl を含まない海塩粒子(以下、変質海塩粒子と呼ぶ: Fig.1c-d)、(5) K が濃縮した海塩粒子、(6) MgSO_4 粒子(Fig.1e)、(7) K を含有する硫酸塩、(8) CaSO_4 粒子、(9) Si, Al を含む鉱物粒子(Fig.1f)など

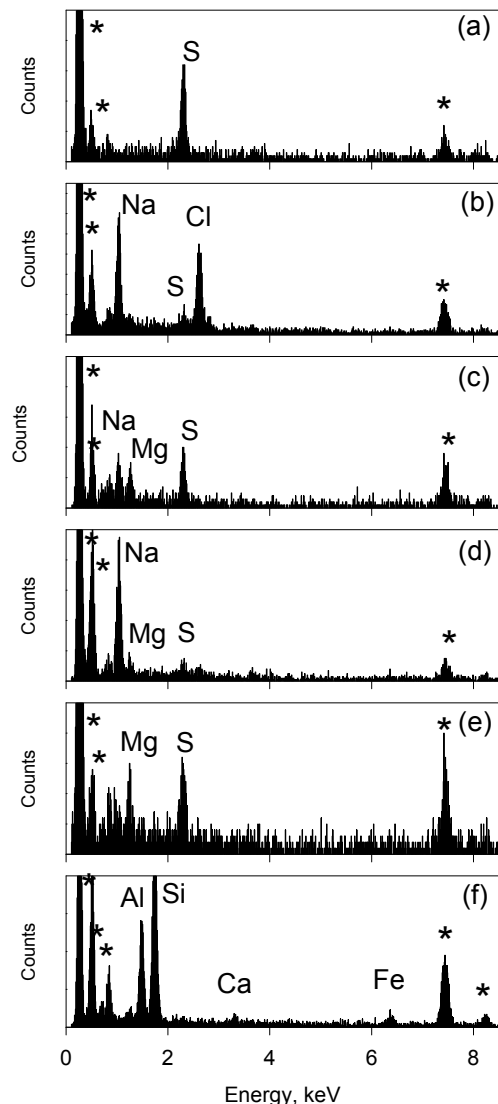


Figure 1 Typical examples of EDX spectra of aerosol particles. Asterisks indicate background peaks from sample substrate.

が確認された。各成分を定量的に比較するため、各エアロゾル成分の存在割合(Relative abundance)を求めた。

Fig.2 に示した様に、粗大粒子($D_p > 2\mu\text{m}$)は、主に海塩粒子、変質海塩粒子、硫酸粒子で構成されていた。往路 (S16→会合点) では、(Cl が残存している) 海塩粒子と変質海塩粒子が多く確認され、内陸域では変質海塩粒子の割合が多くなっていた。また、復路 (会合点→S16) では、大陸縁辺部まで変質海塩粒子が主要となっていた。往路と復路では、最大で2カ月ほどの時間差があるため、空間分布だけではなく、季節変化の一部を捉えていると考えられる。大陸縁辺部の海塩粒子の変質は、 SO_4^{2-} や CH_3SO_3^- の寄与が大きかったが、内陸部では NO_3^- による変質が主要となっていた。大気中の酸性成分の分布を理解する上で、この違いは非常に興味深い。往路のドーム F～会合点の間 (77-76°S) で、海塩粒子の存在割合が高くなっていたが(Fig.2b)、これは、Mg が欠損し、K が濃縮した海塩粒子が多数確認されたことによる。トラジェクトリー解析では、過去数日間内陸部を輸送されたことなどを考慮すると、内陸部では、Mg が欠損し、K が濃縮する過程が存在する可能性がある。鉱物粒子は数%~15%程度の割合で存在することが多く、高緯度側で存在割合が低くなる傾向を示していた。Syowa 基地付近で観測される粒子とは異なり、大陸上で確認された鉱物粒子のほとんどは、硫酸液滴あるいは海塩粒子と内部混合していることが多く、輸送中に混合状態の変化が起きていることが伺える。

微小粒子(D_p : 0.2-2.0 μm)では、90%以上が硫酸粒子で占められていた。特に南緯 74°S より高緯度側では、Relative abundance が 98%以上にも達することがあった。往路 (S16→会合点) では、海塩粒子・変質海塩粒子が~8%程度存在していたが、復路 (会合点→S16) では、~3%程度となっていた。この結果は、これまでの沿岸部・内陸部のエアロゾル観測から得られた夏季 (1月頃) に海塩粒子 (Na^+) 濃度が低くなる結果 (e.g., Hara et al., JGR, 2004) と整合的である。一部の粗大粒子サンプルでも確認されていたが、K 含有硫酸塩粒子は、微小粒子域で確認されることが多く、その割合は~1%程度だった。K 含有硫酸塩粒子はバイオマス燃焼などの燃焼過程から放出されるため、燃焼起源のエアロゾル粒子が低中緯度域から南極内陸部まで長距離輸送されていることが示唆される。MgSO₄粒子は~1%の割合でカタバ風帯や内陸部でも確認されていた。本研究では、(1) Mg 濃縮した海塩粒子 (Fig.1c) が確認されたこと、(2) 積雪中にも MgSO₄粒子が確認されたこと (Iizuka et al., JGR, 2011)、(3) Mg 欠損・K 濃縮海塩粒子が存在したことから、積雪表面で海塩成分の組成分別過程が進行し、MgSO₄粒子が積雪表面から放出されている可能性もある。当日は、サンプリング中の気象データやトラジェクトリー解析結果と併せて、討論を行う。

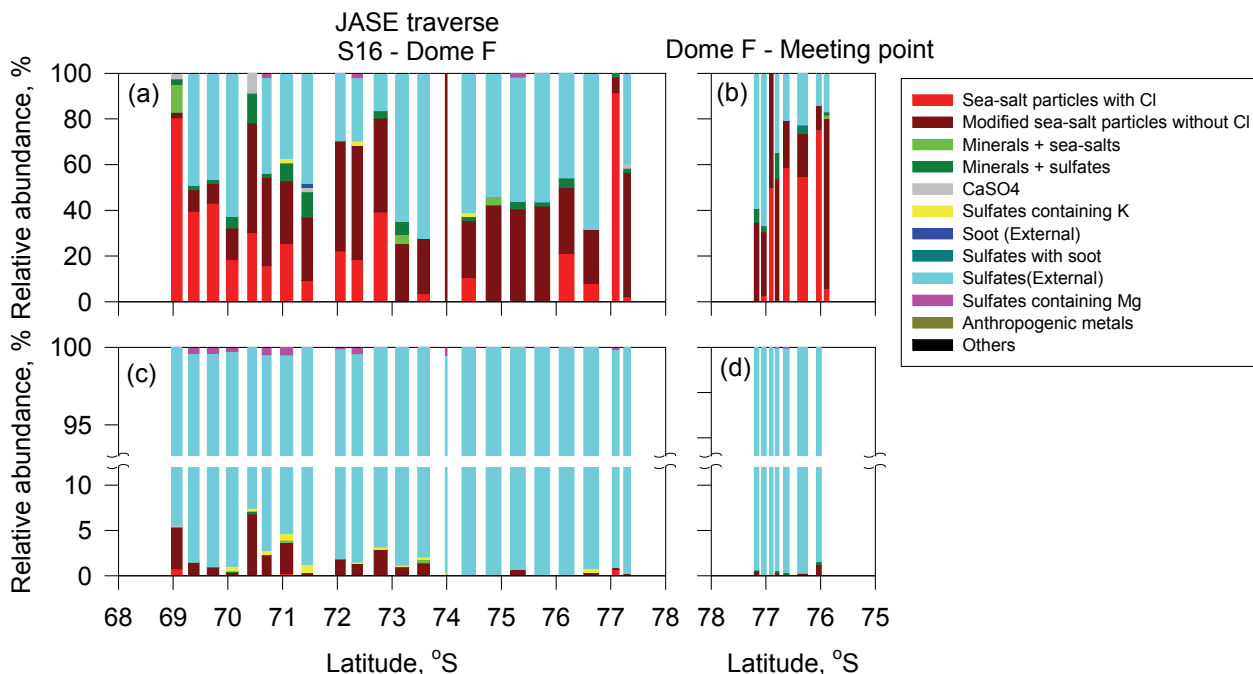


Figure 2 Spatial distributions of aerosol constituents in (a, b) coarse mode ($D_p > 2\mu\text{m}$) and (c, d) fine mode (D_p : 0.2 - 2 μm) from S16 to meeting point during the JASE traverse in JARE49.